

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-196809

(43) 公開日 平成6年(1994)7月15日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数14(全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平4-359673

(22) 出願日 平成4年(1992)12月22日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 村上 隆志

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社光・マイクロ波デバイス研究所内

(72) 発明者 後藤 勝彦

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社光・マイクロ波デバイス研究所内

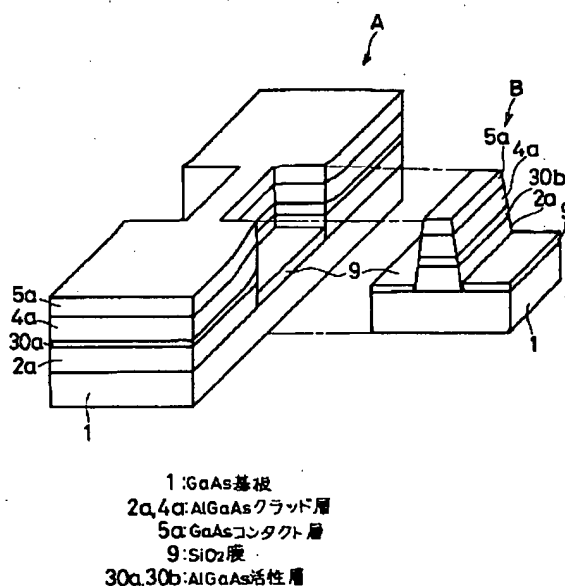
(74) 代理人 弁理士 早瀬 憲一

(54) 【発明の名称】 半導体光デバイス及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 段差がない平坦面上に、レーザ出射端面側が薄く、レーザ内部が厚い層厚に形成された活性層を有する半導体レーザ及びその製造方法を得る。

【構成】 GaAs基板1上の該GaAs基板1上に形成されるレーザ共振器の内部に位置する領域に、2つのストライプ状のSiO₂膜9を互いに一定間隔を空けて平行に形成した後、原子層エピタキシーモードの有機金属気相成長法によりAlGaAsクラッド層2aを形成し、次いで、通常モードの有機金属気相成長法によりAlGaAs活性層30a(端面近傍)、30b(レーザ内部)を形成し、更に、原子層エピタキシーモードの有機金属気相成長法によりAlGaAsクラッド層4a、GaAsクラッド層5aを形成する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上の所定部分に、該半導体基板上に形成されるレーザ共振器の光の導波方向に沿う2つのストライプ状のS i O₂ 膜またはS i N膜を所定間隔を空けて互いに平行に形成し、この状態で上記半導体基板上に少なくとも活性層を含む多層構造の半導体層を有機金属気相成長法によりエピタキシャル成長して上記レーザ共振器を形成する半導体レーザの製造方法において、

上記多層構造の半導体層の内、その層内に層厚差を生じさせたくない層を、原子層エピタキシーモードで成長することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体レーザの製造方法において、

上記多層構造の半導体層の内、上記活性層の下方に配設される層を、原子層エピタキシーモードでエピタキシャル成長することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項3】 半導体基板上の該半導体基板上に形成されるレーザ共振器の共振器内部に対応する位置に、該レーザ共振器の光の導波方向に沿う2つのストライプ状のS i O₂ 膜またはS i N膜を所定間隔を空けて互いに平行に形成し、この後、上記半導体基板上に少なくとも活性層を含む多層構造の半導体層を、有機金属気相成長法によりエピタキシャル成長して、上記活性層の上記レーザ共振器端面付近の層厚を薄く、上記レーザ共振器内部付近の層厚を厚く形成する半導体レーザの製造方法において、

上記多層構造の半導体層の内、その層内に層厚差を生じさせたくない層を、原子層エピタキシーモードで成長することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項4】 請求項3に記載の半導体レーザの製造方法において、

上記多層構造の半導体層の内、上記活性層の下部に配設される層を、原子層エピタキシーモードでエピタキシャル成長することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項5】 半導体基板上に活性層を含む多層構造の半導体層をエピタキシャル成長して、レーザ共振器を形成してなる半導体レーザにおいて、

上記活性層は、そのレーザ共振器端面付近の層厚が薄く、レーザ共振器内部付近の層厚が厚くなるよう形成され、

上記活性層の下部に配設される層は、均一な層厚に形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項6】 半導体基板上の一方の側のレーザ共振器が形成されるべき領域に、該レーザ共振器の光の導波方向に沿う2つのストライプ状のS i O₂ 膜またはS i N膜を所定間隔を空けて互いに平行に形成し、この後、上記半導体基板上に活性層を含む多層構造の半導体層を、

2

有機金属気相成長法によりエピタキシャル成長して、上記半導体基板上の上記2つのストライプ状のS i O₂ 膜またはS i N膜で挟まれた領域にレーザ共振器を形成し、上記半導体基板上の上記S i O₂ 膜またはS i N膜が形成されていない他方の側に上記レーザ共振器で発振するレーザ光を吸収して変調する光変調器を形成してなる光変調器付半導体レーザの製造方法において、上記多層構造の半導体層の内、その層内に層厚差を生じさせたくない層を、原子層エピタキシーモードで成長することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項7】 請求項6に記載の半導体レーザの製造方法において、

上記多層構造の半導体層の内、上記活性層の下方に配設される層を、原子層エピタキシーモードでエピタキシャル成長することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項8】 半導体基板上の一方の側のレーザ共振器が形成されるべき領域に、該レーザ共振器の光の導波方向に沿う2つのストライプ状のS i O₂ 膜またはS i N膜を所定間隔を空けて互いに平行に形成し、該半導体基板上に活性層を含む多層構造の半導体層をエピタキシャル成長して、レーザ共振器と該レーザ共振器で発振するレーザ光を吸収して変調する光変調器とを一括形成してなる光変調器付半導体レーザにおいて、

上記活性層の下方に配設される層が、均一な層厚に形成されていることを特徴とする光変調器付半導体レーザ。

【請求項9】 半導体基板上に下クラッド層、活性層及び光ガイド層をこの順にエピタキシャル成長し、該光ガイド層の上面を回折格子状に成形した後、該光ガイド層上にコンタクト層をエピタキシャル成長する分布帰還型半導体レーザの製造方法であって、

上記半導体基板上の上記半導体基板上に形成されるレーザ共振器の後端面側に対応する一方の端部に、該レーザ共振器の光の導波方向に沿う2つのストライプ状のS i O₂ 膜またはS i N膜を所定間隔を空けて互いに平行に形成し、この状態で上記半導体基板上に上記下クラッド層、活性層、及び光ガイド層を有機金属気相成長法によりエピタキシャル成長することを特徴とする分布帰還型半導体レーザの製造方法。

【請求項10】 請求項9に記載の分布帰還型半導体レーザの製造方法において、

上記下クラッド層と活性層を、原子層エピタキシーモードでエピタキシャル成長することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項11】 半導体基板上に形成された活性層を含む多層構造の半導体層の一方の側の所定部分に電流注入領域を形成し、該電流注入領域を励起領域とし、該半導体層の他の領域を非励起領域とするスーパーラミネセントダイオードの製造方法において、

半導体基板上の該半導体基板上に形成される共振器の後

3

端面側に対応する側に、光の導波方向に沿う所定長さの2つのストライプ状の SiO_2 膜または SiN 膜を所定間隔を空けて互いに平行に形成する工程と、

上記半導体基板上に有機金属気相成長法により上記活性層を含む多層構造の半導体層をエピタキシャル成長する工程と、

半導体基板上に形成された活性層を含む多層構造の半導体層の光の出射端面となる側の端部から共振器内部に向かって所定長さのストライプ状の電流注入領域を形成する工程とを含むことを特徴とするスーパーミネセントダイオードの製造方法。

【請求項12】 請求項11記載のスーパーミネセントダイオードの製造方法において、

上記ストライプ状の電流注入領域を、上記半導体層の上記2つのストライプ状の SiO_2 膜または SiN 膜で挟まれた領域に成長した半導体層内に届くよう形成することを特徴とするスーパーミネセントダイオードの製造方法。

【請求項13】 半導体基板上に形成された活性層を含む多層構造の半導体層の一方の側の所定部分に電流注入領域を形成し、該電流注入領域を励起領域とし、該半導体層の他の領域を非励起領域としてなるスーパーミネセントダイオードにおいて、

上記活性層は、上記半導体層で構成される共振器の光の出射面側が大きいバンドギャップに、該出射面と反対の後端面側が小さいバンドギャップに形成され、上記電流注入領域が、上記大きいバンドギャップの活性層上に形成されていることを特徴とするスーパーミネセントダイオード。

【請求項14】 請求項13に記載のスーパーミネセントダイオードにおいて、

上記電流注入領域の一部が上記小さいバンドギャップの活性層上に跨がって形成されていることを特徴とするスーパーミネセントダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、半導体光デバイス及びその製造方法に関し、特に、半導体レーザ、光変調器付半導体レーザ、及び、スーパーミネセントダイオードにおける半導体成長層の成長方法の改良に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体基板上の所定領域を SiO_2 膜や SiN 膜で覆い、この状態で半導体層を有機金属気相成長法でエピタキシャル成長すると、半導体基板上に供給される原料ガスは基板上で熱分解してそのままエピタキシャル成長し、 SiO_2 膜（または SiN 膜）上に供給される原料ガスは SiO_2 膜上では反応せず、 SiO_2 膜（または SiN 膜）上を拡散して半導体基板が露出する部分に移動し、半導体基板上で熱分解してエピタキ

4

シャル成長する。そして、このような性質により、半導体基板上の SiO_2 膜や SiN 膜に近い位置と離れた位置では半導体層の成長速度が異なって成長する半導体層に層厚差が生じたり、また、半導体層の結晶組成が異なることから、成長する半導体層にバンドギャップの異なる領域が形成されることが知られている。従来より、上記のような現象を利用して半導体光デバイスにおける素子構造、即ち、基板上に成長させる半導体層の層厚や組成を制御することが行われている。

【0003】 図12は、上記の特性を利用して SiO_2 膜付GaAs基板上にAlGaAs層およびGaAs層をエピタキシャル成長して作成された特開昭63-263787号公報に示された従来の半導体レーザの構造を示す分解斜視図であり、図中Aはエピタキシャル成長後の状態を示し、図中Bは、半導体基板上に一定間隔を空けて互いに平行に形成されたストライプ状の2つの SiO_2 膜9の間に結晶成長した成長した部分、即ち、レーザチップの内部となる部分を取り出して示している。図において、1はGaAs基板、2は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ クラッド層（ $0 < x < 1$ ）、3a、3bは $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ 活性層（ $0 < z < 1$ 、 $x > z$ ）、4は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ クラッド層（ $0 < x < 1$ ）、5はGaAsコンタクト層、9は SiO_2 膜である。この図から分かるように、レーザチップ内部に成長した $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ 活性層3bの層厚がレーザチップの端面付近に成長した $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ 活性層3aのそれより厚くなっていることが分かる。

【0004】 図13は、図12に示した半導体レーザを作製する際に用いる SiO_2 膜付GaAs基板を示す斜視図であり、図において、10は SiO_2 膜9で挟まれたGaAs基板1表面のストライプ部である。

【0005】 以下、製造工程を説明する。図13に示すように SiO_2 膜9は基板の両端面付近及び中央ストライプ部10を除いて形成されている。このような SiO_2 膜付GaAs基板上に減圧有機金属気相成長法を用いて、AlGaAs層およびGaAs層を成長させると、上述したように、GaAs基板1が露出している部分にはAlGaAs、GaAsが成長するが、 SiO_2 膜9上には成長しない。即ち、ガス状態で供給されるトリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、及び、アルシンの内、GaAs基板1表面に直接供給されるものは、そのまま熱分解して、エピタキシャル成長するが、GaAs基板1上の SiO_2 膜9表面に供給されるトリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、及び、アルシンは SiO_2 膜9上にエピタキシャル成長せず、GaAs基板1が露出している部分まで移動し、そこでエピタキシャル成長する。このため、 SiO_2 膜9から十分に離れたGaAs基板1表面よりも、 SiO_2 膜9からわずかに離れたGaAs基板1表面、即ち、ストライプ部10表面のほうがエピタキシャル成長に寄与するガリウム

5

(Ga), アルミニウム (Al), ヒ素 (As) の量が多くなり、これに伴って成長速度が速くなる。そして、この成長速度の差により、活性層の厚みが端面付近では薄く、レーザチップの内部で厚くなる。

【0006】次に、この半導体レーザの活性層の厚みを端面付近で薄く、レーザチップ内部で厚くしている理由を説明する。レーザの高出力動作、寿命の点では、活性層の層厚を薄くする方が有利である。つまり、AlGaAs系材料、あるいはAlGaInP系材料を用いた半導体レーザでは、高出力動作時、発生したレーザ光が端面付近で吸収されて発熱し、活性層の端面部が Catastrophic Optical Damage (以下、CODと称す。) と呼ばれるダメージを受け、レーザ出射端面が破壊されてしまうことがあり、これに対して、端面近傍での活性層の層厚を0.03 μ m程度に薄くすることにより、活性層からクラッド層2、4にしみ出す光が増して端面での発光スポットが大きくなり、レーザ端面における光密度が低減し、端面破壊が抑制され、高出力動作が可能になるようにすることができる。また、寿命試験においても、端面近傍での活性層の厚さを薄くして端面の光密度を下げると、端面劣化モードが抑制されて長寿命になることが知られている。一方、レーザの発振閾値電流は、活性層の層厚によって大きく変化し、通常活性層の層厚を0.1 μ m程度にした時に発振閾値電流は最低になる。このため、活性層の層厚を0.03 μ m程度に薄くすると発振閾値電流が上昇してしまう。従って、このような点から、上記半導体レーザでは活性層の層厚を端面付近では0.03 μ m程度に薄くし、チップ内部では0.1 μ m程度に厚くして、低閾値及び高出力特性を得ている。尚、端面付近の活性層の層厚を0.1 μ mから0.03 μ mに薄くすることにより、放射ビームの接合に垂直な方向の半値全角は40°から16°程度に狭くなり、狭放射ビームが得られるというメリットもある。

【0007】一方、図14は、ファイバジャイロ、OTDR (Optical Time-Domain Reflectometry) の光計測分野での光源や、LAN (Local Area Network) の光源として用いられる従来のスーパーミルミネセントダイオード (以下、SLDと称す。) の一種である非励起吸収型SLDの構造を示す図であり、図14(a)はその断面模式図、図14(b)はその上面模式図である。図において、101はn型GaAs基板、102はAl組成比が0.48のn型AlGaAsクラッド層、103はAl組成比が0.05のAlGaAs活性層、104はAl組成比が0.48のp型AlGaAsクラッド層、105はn型GaAsキャップ層、106はn側電極、107はp側電極、108はZn拡散P型領域 (励起領域)、109は非注入領域 (非励起領域)、111は前端面、112は後端面である。

【0008】次に動作について説明する。Zn拡散P型領域108が電流注入領域であり、該Zn拡散P型領域

6

108に電流が注入されると、該Zn拡散P型領域108が励起領域となり、他の領域が非励起領域となる。そして、励起領域108で発生し、共振器の後端面112に向かって伝播する光は、非励起領域109を通過する間に吸収され、後端面112で反射されて励起領域108に再入射する光の強度は低減する。これにより、実効的な反射率が低減されることになり、ファブリペローモードによる発振が抑制され、レーザ発振することなく光計測等において必要とされるブロードなスペクトル幅の光が発光する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図12に示した従来の半導体レーザでは、上述したように半導体基板1上の所定領域にSiO₂膜9を形成した状態で、半導体層を減圧有機金属気相成長法を用いてエピタシヤル成長することにより、得られる半導体層中の活性層3の層厚が、端面部で薄く、チップ内部で厚くなるようにしていたが、このエピタシヤル成長時、成長する半導体層全体に層厚差が形成されるため、活性層だけでなくクラッド層にも、端面部とチップ内部との間で層厚差が形成されてしまう。例えば、チップ内部での活性層3の層厚が0.1 μ m、端面付近での活性層の層厚が0.03 μ mになるような条件で成長すると、下クラッド層2は、チップ内部での層厚が1.5 μ m、端面付近での層厚が0.45 μ mになり、形成される層内に大きな段差が形成される。従って、活性層3はこのような段差が形成された下クラッド層2の上に成長することになり、活性層3自体に段差が形成され、レーザビームが下側に歪んで出射されてしまうという問題があった。また、光が段差のついた活性層内を導波するため、段差部で損失が生じるという問題があった。

【0010】一方、図14に示した従来のスーパーミルミネセントダイオードでは、高出力時には光を十分に吸収できず、レーザ発振して、ブロードな発光スペクトルが得られないという問題点があった。また、発光スペクトルの幅は活性層の組成によって制限されるため、OTDR等で要求される非常にブロードなスペクトル幅を実現することが困難であるという問題点があった。

【0011】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、基板上に形成される半導体層中の所望の層のみに層厚差を生じさせることができる半導体レーザとその製造方法を得ることを目的とする。

【0012】更に、この発明の他の目的は、上記のような部分的にSiN膜、SiO₂膜を形成した半導体基板上に半導体層をエピタシヤル成長することにより、半導体レーザと光変調器とを一括形成して得られる変調器付半導体レーザにおいて、光変調器と半導体レーザとの間に生ずる段差を従来より小さくできる変調器付半導体レーザとその製造方法を得ることを目的とする。

【0013】更に、この発明の他の目的は、高出力時に

もレーザ発振せず、ブロードなスペクトルが得られ、しかも、従来に比べて非常にブロードなスペクトル幅を実現できるSLD及びその製造方法を得ることを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる半導体レーザ及びその製造方法は、その表面にSiO₂膜あるいはSiN膜を部分的に形成した半導体基板上に、半導体層を有機金属気相成長法によりエピタキシャル成長する際、その層内に層厚差を生じさせたくない層の成長を、原子層エピタキシー (Atomic Layer Epitaxy) モード (以下、ALEモードと称す。)で行い、その層内に層厚差を生じさせたい層の成長を、半導体層を構成する複数の原料ガスが混合して供給される通常の成長モードで行うようにしたものである。

【0015】更に、この発明にかかる半導体レーザ及びその製造方法は、活性層のみを上記有機金属気相成長法の通常の成長モードで成長し、活性層の下方に配設される層を有機金属気相成長法のALEモードで成長するようにしたものである。

【0016】更に、この発明にかかるDFBレーザ及びその製造方法は、活性層上に形成される光ガイド層のみを上記有機金属気相成長法の通常の成長モードで成長し、活性層及び該活性層の下方に形成される各層を有機金属気相成長法のALEモードで成長するようにしたものである。

【0017】更に、この発明にかかる光変調器付半導体レーザ及びその製造方法は、その表面の半導体レーザが形成される側の所定部分にSiO₂膜あるいはSiN膜を形成した半導体基板上に、半導体層をエピタキシャル成長して光変調器と半導体レーザとを一括して形成する際、活性層の下方に配置する光ガイド層の成長を、有機金属気相成長法のALEモードで行い、活性層及び光ガイド層を除く他の層の成長を、有機金属気相成長法の通常の成長モードで行うようにしたものである。

【0018】更に、この発明にかかるSLD及びその製造方法は、半導体基板上の該半導体基板上に形成される共振器の後端面側の所定領域にSiO₂膜あるいはSiN膜を部分的に形成した後、有機金属気相成長法により活性層を含む半導体層をエピタキシャル成長して、該活性層の光の伝播方向における光の出射面側を大きいバンドギャップにし、後端面側を小さいバンドギャップにし、このバンドギャップが大きくなった活性層部分の上方に電流注入領域、即ち、励起領域を形成するようにしたものである。

【0019】

【作用】この発明においては、その層内に層厚差をつけたい層の成長を、通常の有機金属気相法で成長し、その層内に層厚差をつけたくない層の成長を有機金属気相成長法のALEモードで成長するから、半導体基板上にエ

ピタキシャル成長する半導体層のうち、所望の層のみに層厚差を生じさせることができる。

【0020】更に、この発明においては、活性層に層厚差を生じさせ、活性層と該活性層の下方に配設される層を均一な層厚に形成したから、活性層が段差上に形成されず、レーザビームの歪みや損失の増大を防止することができる。

【0021】更に、この発明においては、DFBレーザの光ガイド層のみに層厚差を生じさせ、光ガイド層以外の層を均一な層厚に形成するようにしたから、活性層が段差上に形成されず、レーザビームの歪みや損失の増大を防止することができ、しかも、光ガイド層の層厚の厚い部分では、回折格子と活性層の距離が離れることから活性層を導波する光と回折格子との結合度が弱く、光ガイド層の層厚の薄い部分では、回折格子と活性層の距離が離れることから活性層を導波する光と回折格子との結合度が強くなるため、光ガイド層の層厚を変更する部分を調整することにより、レーザチップ内の光強度分布を均一にすることができる。

20 【0022】更に、この発明においては、光変調器付半導体レーザの光ガイド層を均一な層厚に形成できるため、半導体レーザと光変調器との結合部の段差が軽減し、変調器へ伝搬される光の結合損失を小さくできる。

30 【0023】更に、この発明においては、SLDの活性層内に、バンドギャップの相対的に大きい部分と小さい部分とを共振器方向に沿って形成したから、非励起領域のバンドギャップを励起領域のそれより大きくすることができ、非励起領域における光の吸収が大きくなって、実効的な反射率を低減でき、その結果、レーザ発振が抑制されてブロードな発光スペクトルを得ることかできる。

【0024】

【実施例】実施例1. 図3は、この発明の第1の実施例による半導体レーザの構造を示す分解斜視図であり、図中Aはエピタキシャル成長後の状態を示し、図中Bは、2つのSiO₂膜9で挟まれた基板表面に成長した部分、即ち、レーザチップの内部を示している。図において、図12と同一符号は同一または相当する部分を示し、2aはAl_xGa_{1-x}Asクラッド層 (0 < x < 1)、4aはAl_xGa_{1-x}Asクラッド層、5aはGaAsコンタクト層、30a、30bはAl_zGa_{1-z}As活性層 (0 < z < 1, z < x) である。図から分かるように、この半導体レーザでは、レーザチップ内部に成長した活性層30bが、レーザチップの端面付近に成長した活性層30aよりも厚い層厚に形成されており、他の層、即ち、クラッド層2a、4aとコンタクト層5aはレーザチップ全体において一様な層厚に形成されている。

50 【0025】次に、製造工程を説明する。まず、通常の有機金属気相成長法とALEモードの有機金属気相成長

法の成長メカニズムの違いについて、GaAsの成長を例にとって説明する。通常の有機金属気相成長法では、Gaの原料となるトリメチルガリウム（以下、TMGと称す。）とAsの原料となるアルシン（AsH₃）とが同時に反応室へ送りこまれ、反応室内での熱分解反応によりGaとAsがGaAs基板上に同時に堆積して結晶成長が進行する。一方、ALEモードの有機金属気相成長法では、図1に示すように、TMG、H₂、AsH₃が反応室内に断続的に交互に供給され、この際の反応室内の圧力、温度等を所定の範囲に設定すると、As原子とGa原子が交互に1原子層づつGaAs基板1aに対して吸着していく。図2は、この状態を模式的に示しており、先にAsH₃が供給されて、GaAs基板1a上にAs原子が1原子層だけ吸着した後、H₂を供給して基板1a付近に残存するAsH₃を吹き飛ばし、この後、TMGを供給すると、先にAs原子が吸着して形成されたAs原子の1原子層上に、Gaが吸着してGaの1原子層が形成する。そして、この過程が繰り返行われて、結晶成長が進行する。

【0026】ここで、GaAs基板1aの一部にSiO₂膜またはSiN膜が形成されている場合は、GaAsが露出している部分にはGa原子及びAs原子が1原子層ずつ交互に吸着するが、SiO₂膜またはSiN膜上にはGa原子、As原子とも吸着せず、GaAsが露出している部分のみに結晶成長が進行する。そして、この際、GaAsが露出している部分では、SiO₂膜またはSiN膜から近い部分でも離れた部分でも同じように1原子層ずつ成長が進んでいくため、SiO₂膜またはSiN膜の近傍と離れた部分で成長する結晶層に層厚差は生じない。これは、1原子層が形成される間以外は、基板上から原料ガス、即ち、TMG、AsH₃が吹き飛ばれるためである。

【0027】上記図3に示した本実施例の半導体レーザの製造にあたっては、図14に示した従来と同様のSiO₂膜9付GaAs基板1上に、先ず、ALEモードの有機金属気相成長法により下クラッド層2aを平坦に結晶成長させ、この後、通常の金属気相成長法により活性層30a（端面近傍）、30b（レーザ内部）を形成する。この通常の金属気相成長法では、前述したように、SiO₂膜9に近い部分と離れた部分とで、反応に寄与する原料ガスの量が異なるため、レーザチップ端面付近の層厚、即ち、活性層30aの層厚が薄くなり、活性層30bの層厚が厚くなる。そして、この後、ALEモードの有機金属気相成長法により上クラッド層4a、コンタクト層5aを結晶成長する。

【0028】このように本実施例の半導体レーザの製造工程では、下クラッド層2aをALEモードの有機金属気相成長法により平坦に結晶成長した後、活性層30a（30b）を通常の金属気相成長法により結晶成長しているため、活性層30a（30b）を平坦面上に所望の

層厚差をもって形成することができ、活性層30a、30bを導波する光の損失が少なくなり、また、レーザビームも下側へ歪むことなく出射するようになる。また、上クラッド層4a、コンタクト層5aも層内に層厚差を生じることなく成長させているので、レーザチップ全体の平坦性も優れ、電極の形成等の後工程を、簡単かつ精度良く行うことができる。

【0029】尚、上記実施例では、上クラッド層4a、コンタクト層5aをALEモードで成長させたが、これらは通常の金属気相成長法により成長させても、レーザ特性には大きな影響を与えない。

【0030】実施例2. 上記第1の実施例では活性層30a、30bをAlGaAs層一層で構成したが、この活性層は、通常の有機金属気相成長法によりGaAs層とAlGaAs層を交互に形成したAlGaAs系の多重量子井戸層で構成してもよく、この場合も、活性層のみ所望の膜厚差をつけることができ、上記第1の実施例と同様の効果得られ、かつ、この場合端面付近において多重量子井戸層の層厚が薄くなることから、等価的に端面付近のバンドキャップが大きくなって、チップ内部で発生した光を吸収するということがなくなり、所謂、窓構造が形成され、その結果、端面劣化、CODの防止効果を一層向上できる。

【0031】実施例3. 図4は、この発明の第3の実施例による光変調器付半導体レーザの製造工程を示す工程別の断面斜視図である。図において、11はInP基板、12はInGaAsP光ガイド層、13はInGaAs/InGaAsP多重量子井戸活性層、14はInP上クラッド層、19は回折格子、20はSiN₂膜である。尚、図4(a)におけるInP基板11上の回折格子19、SiN₂膜20が形成されている領域が半導体レーザが形成される領域であり、手前の何も形成されていない領域が光変調器が形成される領域である。

【0032】図5は、図4に示す製造工程を経て製造された光変調器付半導体レーザの構造を示す側面模式図であり、図において、図4と同一符号は同一または相当する部分を示し、15はInGaAsPキャップ層、16は光変調器用電極、17は半導体レーザ用電極、18は光変調器と半導体レーザを分離する溝である。

【0033】以下、製造工程を説明する。先ず、図4(a)に示すように、InP基板11上の半導体レーザを形成すべき領域の一部に回折格子19を形成し、更に、該回折格子19を挟むようにSiN₂膜20を形成する。次に、図4(b)に示すように、InGaAsP光ガイド層12をALEモードの有機金属気相成長法により平坦に結晶成長し、この後、通常の有機金属気相成長法によりInGaAs/InGaAsP多重量子井戸活性層13、InP上クラッド層14を結晶成長する。そして、この後、InP上クラッド層14上のInGaAsPキャップ層をALEモードの有機金属気相成長法ある

11

いは通常の有機金属気相成長法により結晶成長した後、これの所定部分を除去して分離溝18を形成し、光変調器側のInGaAsPキャップ層15a、半導体レーザ側のInGaAsPキャップ層15b上に電極16、17を形成すると、図5に示すInGaAs/InGaAsP多重量子井戸活性層13の光変調器側が薄く、半導体レーザ側が厚く形成され、レーザ側の多重量子井戸活性層13のバンドギャップよりも光変調器側の多重量子井戸活性層13のバンドギャップが大きくなった、光変調器が半導体レーザ側で発生した光を吸収損失なしに変調できる光変調器付半導体レーザが得られる。

【0034】このように本実施例の光変調器付半導体レーザの製造工程では、InGaAsP光ガイド層12をALEモードの有機金属気相成長法により結晶成長し、InGaAs/InGaAsP多重量子井戸活性層13、InP上クラッド層14を通常の有機金属気相成長法により結晶成長しているため、図5に示すように、InGaAsP光ガイド層12の成長時は、InP基板11上のSiO₂膜20に近い領域と離れた領域での成長速度は殆ど変わらず、該InGaAsP光ガイド層12はその層内に層厚差を生ずることなく平坦に成長し、InGaAs/InGaAsP多重量子井戸活性層13、InP上クラッド層14の成長時は、SiO₂膜20に近い領域が、SiO₂膜20から離れた領域より成長速度が速くなり、これらの層は光変調器側で薄く、半導体レーザ側で厚く形成される。従って、従来、この種の光変調器付半導体レーザでは、基板上への半導体層の結晶成長は常に通常の有機金属気相成長法を用いて行っていたため、図6に示すように活性層13だけでなく光ガイド層12にも層厚差が形成され、活性層13が段差上に形成されることから、レーザ部で発生した光が光変調器部へ伝搬される際に結合損失を生じていたが、本実施例の光変調器付半導体レーザでは、このような問題も解消することができる。尚、上記実施例では、活性層を多重量子井戸構造に形成したが、通常の単一層からなる活性層を形成した場合も、上記実施例と同様の効果を得ることができる。

【0035】実施例4. 図7は、この発明の第4の実施例による分布帰還型半導体レーザ（以下、DFBレーザと称す。）の構造を示す断面図であり、図において、21はGaAs基板、22はAlGaAsクラッド層、23はAlGaAs活性層、24はAlGaAs光ガイド層、25はGaAsコンタクト層、26は回折格子、27は無反射コーティングされたレーザ出射端面、28は高反射率コーティングされた裏面である。尚、上記AlGaAs光ガイド層24はレーザ出射端面27側で薄く、裏面28側で厚く形成されている。

【0036】このDFBレーザは、GaAs基板21上のレーザ共振器の後端面側に対応する側の所定領域に、図4に示したGaAs基板11と同様にして2つのスト

12

ライブ状のSiO₂膜を共振器の光の導波方向に沿って一定間隔を空けて互いに平行に形成した後、該GaAs基板21上にALEモードの有機金属気相成長法によりAlGaAsクラッド層22、AlGaAs活性層23を均一な層厚に形成し、次いで、通常の有機金属気相成長法により、AlGaAs光ガイド層24を形成し、この後、ALEモードの有機金属気相成長法によりGaAsコンタクト層25を均一な層厚に形成したものである。

【0037】一方、図8は従来のDFBレーザの構造を示す断面図であり、図において、図7と同一符号は同一または相当する部分を示し、この従来のDFBレーザは、GaAs基板21上に上記のようなSiO₂膜を形成することなく、各層全てを通常の有機金属気相成長法により形成したもので、各層はそれぞれ均一な層厚に形成されている。尚、一般にDFBレーザでは、活性層内を伝搬する光と回折格子との結合の強さによってレーザチップ内の光の強度分布が変化する。そして、もともと一方の端面を無反射に、他方を高反射率にコーティングしてあるので、レーザチップ内の軸方向の光強度分布は一樣とならず、レーザ特性を悪化させていた。

【0038】上記のようにして形成された本実施例のDFBレーザでは、光ガイド層24の層厚が厚い部分24aでは、回折格子26と活性層23の間の距離が離れているので光と回折格子との結合度は弱く、光ガイド層24の層厚の薄い部分24bでは、回折格子26と活性層23の間の距離が近いので光と回折格子との結合度は強くなり、活性層内を伝搬する光と回折格子の結合度が局所的に変化することになる。従って、光ガイド層24の層厚の変化の度合いを調整することにより、レーザチップ内の光分布を均一にすることができ、レーザ特性を向上できる。

【0039】尚、上記第1～第4の実施例では、層厚差をつけない場合はALEモードの成長を行ったが、通常の成長モードで反応管内圧力を高くすることにより、この層厚差をつけない成長を行うこともでき、効果はALEモードによる成長にやや劣るもののほぼ同様の効果を期待できる。

【0040】実施例5. 図9は、この発明の第5の実施例によるSLDの構造を示す図であり、図9(a)は断面模式図、図9(b)は上面模式図である。また、図10は図9に示したSLDの製造工程を示す工程別断面図である。これらの図において、31はn型GaAs基板、32はAl組成比が0.48のn型AlGaAsクラッド層、33はGaAs層とAl組成比が0.2のAlGaAs層からなるGaAs/AlGaAs多重量子井戸活性層、34はAl組成比が0.48のP型AlGaAsクラッド層、35はn型GaAsキャップ層、36はn側電極、37はP側電極、38はZn拡散P型領域（励起領域）、39はリッジ、40はSiO₂膜、41

は光の出射端面、42は後端面、43は非注入領域（非励起領域）である。ここで、GaAs/AlGaAs多重量子井戸活性層のGaAs井戸層33aは、その層厚が図中の領域B内では領域A内に比べて相対的に厚くなっている。

【0041】以下、製造工程を説明する。先ず、図10(a)に示すように、n型基板31上にSiO₂膜を形成した後、通常の写真製版とエッチング技術により、該SiO₂膜の所定部分を除去して、光の出射端面に対する後端面側の所定領域に、約200μm×300μm程度の矩形形状のSiO₂膜40を200μm程度の間隔で<011>方向に沿って形成する。次に図10(b)に示すように、n型クラッド層32、多重量子井戸活性層33、P型クラッド層34、及びn型GaAsキャップ層35を、この順に有機金属気相成長法により形成する。この際、SiO₂膜40で挟まれた領域Bでは、SiO₂膜40上に到達した反応原料がSiO₂膜40上からn型基板31表面まで拡散して成長に寄与するため、SiO₂膜40のない領域Aに比べ各成長層の層厚が相対的に厚くなる。GaAs/AlGaAs多重量子井戸活性層中のGaAs井戸層33aの領域Bで成長する層の層厚が、領域Aで成長する層の層厚に比べて約5割厚くなると仮定すると、領域Aでの層厚を40オングストロームとすれば領域Bでは約60オングストロームの層厚になる。

【0042】次に、図10(c)に示すように、Znを上記n型GaAsキャップ層35の上面の<110>方向に沿った幅6μm程度のストライプ状の領域に選択的に拡散し、その底がP型AlGaAsクラッド層4に届く深さまで拡散したZn拡散P型領域38を形成する。ここで、この拡散領域38は領域Bの後端面側の端部から300μm程度離れた位置から光の出射端面側の領域Aの端部までの長さ形成する。次に、図10(d)のように、上記工程で形成したZn拡散P型領域38が3μm程度の幅のストライプ状のリッジ39となるように、選択的にn型GaAsキャップ層35をエッチング除去し、更に、P型クラッド層34を所定深さまでエッチングする。そして、この後、リッジ39上にP側電極37、基板裏面にn側電極36を形成すると、図9に示したSLDが得られる。

【0043】次に、動作について説明する。上述したように、GaAs/AlGaAs多重量子井戸活性層33のGaAs井戸層33aの厚さは領域Bで領域Aに比べて厚く形成され、領域Aの層厚を40オングストロームとした時、領域Bは60オングストロームとなる。量子井戸層の実効的なバンドギャップは井戸層の層厚に依存し、領域A、領域BにおけるGaAs/AlGaAs多重量子井戸活性層33での活性層のバンドギャップは、それぞれ、領域AではEg1=1.53eV（波長810nm）になり、領域BではEg2=1.49eV（波長8

30nm）になる。そして、電流が注入される励起領域、即ち、Zn拡散P型領域38のうちの領域Aの部分で発生する光（即ち、領域Aの活性層のバンドギャップEg1に対応した波長の光）のうち、領域Aの前端面41に向かって伝播する光は誘導放出による増幅を受けながら進行して、端面41より外に取り出され、一方、領域Bの後端面42に向かって伝播する光は、領域Bの活性層33の領域BのバンドギャップEg2が領域AのバンドギャップEg1より小さいため、非注入領域（非励起領域）43で大きな吸収を受ける。従って、高出力時においても後端面42まで伝播して反射され、再び領域B内を伝播して励起領域であるZn拡散P型領域38に再入射する光の割合、即ち、実効的な反射率を無視できる程度に小さくすることができる。一方、励起領域であるZn拡散P型領域38の領域B内の部分で発生する光（即ち、領域Bの活性層のバンドギャップEg2に対応した波長の光）の内、前端面41に向かって伝播するものは領域B内では増幅を受け、領域A内の活性層33を伝播する間は、領域AのバンドギャップEg1>領域BのバンドギャップEg2であるので、増幅も吸収もほとんど受けず、後端面42に向かって伝播する光は、非励起領域を伝播する間に吸収される。

【0044】従って、このような本実施例のSLDでは、高出力時でもレーザ発振せず、ブロードなスペクトル幅の光を発光することができる。更に、前端面11から取り出される光は、上記のように励起領域であるZn拡散P型領域38のうちの領域Aの活性層33内で発生する広いバンドギャップEg1に対応した短い波長の光と、領域Bの活性層33内で発生する狭いバンドギャップEg2に対応した長い波長の光が合わさったものとなり、従来の単一の組成の（即ち、単一のバンドギャップの）活性層の場合に比べて、波長幅が広がり、光計測等で必要になる非常に広いスペクトル幅の光を得ることができる。

【0045】実施例6. 図11は、この発明の第6の実施例によるSLDの構造を示す上面模式図であり、図において、図9と同一符号は同一または相当する部分を示し、38aはZn拡散P型領域である。

【0046】このSLDの基本的な層構成は上記第5の実施例のSLDと基本的に同じであり、電流が注入されて励起領域となるZn拡散P型領域38aが、活性層のバンドギャップが小さい、即ち、その膜厚を厚く形成した領域Bの上方に達しないように形成されている。

【0047】このような本実施例のSLDでは、実施例5のSLDに比べてスペクトル幅発光する光のスペクトル幅が若干狭くなるが、上記第5の実施例と同様に、励起領域での活性層のバンドギャップEg1が非励起領域でのバンドギャップEg2より大きいいため、非励起領域で十分な吸収を受け、その結果、高出力時においても確実にレーザ発振を抑制できることとなる。

【0048】実施例7. 上記第5, 第6の実施例では活性層を多重量子井戸層により構成したが、本実施例7では、活性層を300~2000オングストローム程度のInGaAsの単一層で構成し、上記第5, 第6の実施例と同様の基板の後端面側の所定領域にSiO₂膜を形成して、上記第5, 第6の実施例の同様の手法(製造工程)によりInGaAsP系の材料でSLDを形成するものである。

【0049】この場合、SiO₂膜で挟まれた領域に成長するInGaAs活性層は、他の領域に成長するInGaAs活性層に比べて厚い層厚に形成されるとともに、その内部のInの割合が他の領域に成長するInGaAs活性層に比べて多くなる。これは、SiO₂膜上に到達したIII族の成長種(あるいは原料ガス)のうちInの成長種(あるいは原料ガス)の方がGaのそれに比べて拡散距離が大きいためである。

【0050】従って、このような本実施例のSLDでは、上記第5, 第6の実施例のSLD同様にSiO₂膜で挟まれた領域に成長する活性層のバンドギャップは、他の領域に成長する活性層のそれよりも小さくなり、高出力時においても確実にレーザ発振を抑制できる。

【0051】尚、上記第5~第7の実施例では、活性層以外の他の層を有機金属気相成長法のALEモードで形成してもよく、この場合は、活性層以外の層が一様な層厚に形成されるため、チップでの段差が少なくなり、活性層内を光が伝播する際の損失を少なくできる。

【0052】また、上記実施例では、AlGaAs系材料あるいはInGaAsP系の材料を用いたが、本発明は、GaAs基板に格子整合する他のAlGaInP系材料やInP基板に格子整合する他のAlGaInAs系材料によって構成される半導体レーザあるいはSLDにも適用できることは言うまでもない。

【0053】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、その層内に層厚差をつけた層の成長を、通常の有機金属気相成長法で成長し、その層内に層厚差をつけたくない層の成長を有機金属気相成長法のALEモードで成長するようにしたので、レーザ特性上好ましい層厚に各層が形成され、優れた動作特性の半導体レーザを得ることができる効果がある。

【0054】更に、この発明によれば、活性層に層厚差を生じさせ、活性層と該活性層の下部に配設される層を均一な層厚に形成したので、活性層が段差上に形成されず、レーザビームの歪みや損失の増大を抑制された半導体レーザを得ることができる効果がある。

【0055】更に、この発明によれば、光ガイド層のみに層厚差を生じさせ、光ガイド層以外の層を均一な層厚に形成してDFBレーザを形成するようにしたので、活性層は段差上に形成されることがなく、レーザビームの歪みや損失の増大を防止することができ、かつ、レーザ

チップ内の光強度分布が均一なDFBレーザを得ることができる効果がある。

【0056】更に、この発明によれば、光ガイド層を均一な層厚に形成するようにしたので、半導体レーザと光変調器の結合部の段差が軽減され、光変調器へ伝搬される光の結合損失が現象した光変調器付半導体レーザを得ることのできる効果がある。

【0057】更に、この発明においては、SLDの活性層内に、バンドギャップの相対的に大きい部分と小さい部分とを共振器方向に沿って形成するようにしたので、非励起領域のバンドギャップを励起領域のバンドギャップより大きくでき、非励起領域における吸収が大きくなって、実効的な反射率を低減でき、その結果、ブロードな発光スペクトルのSLDを得ることができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に用いる有機金属気相成長法の原子層エピタキシーモード時の原料ガスの供給法を説明するための図である。

【図2】上記原子層エピタキシーモード時のエピタキシャル層の成長メカニズムを説明するための図である。

【図3】この発明の第1の実施例による半導体レーザの構成を示す分解斜視図である。

【図4】この発明の第3の実施例による光変調器付半導体レーザの製造工程を示す工程別断面図である。

【図5】図4に示した製造工程で得られる光変調器付半導体レーザの構造を示す側面模式図である。

【図6】従来の光変調器付半導体レーザの構造を示す側面模式図である。

【図7】この発明の第4の実施例によるDFBレーザの構造を示す断面図である。

【図8】従来のDFBレーザの構造を示す断面図である。

【図9】この発明の第5の実施例によるSLDの構成を示す断面模式図及び上面模式図である。

【図10】図9に示したSLDの製造工程を示す工程別断面図である。

【図11】この発明の第6の実施例によるSLDの構成を示す上面模式図である。

【図12】従来の半導体レーザの構造を示す分解斜視図である。

【図13】図12に示した半導体レーザを製造する際に用いるSiO₂膜付半導体基板を示す図である。

【図14】従来のSLDを示す断面模式図及び上面模式図である。

【符号の説明】

- 1, GaAs基板
- 2, 2a, 4, 4a AlGaAsクラッド層
- 3a, 3b, 30a, 30b AlGaAs活性層
- 5, 5a GaAsコンタクト層

17

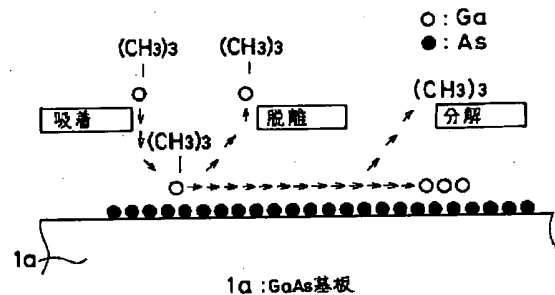
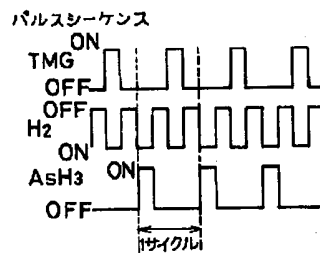
18

- 9 SiO₂ 膜
- 10 ストライプ部
- 11 InP基板
- 12 InGaAs光ガイド層
- 13 InGaAs/InGaAsP多重量子井戸活性層
- 14 InP上クラッド層
- 15a, 15b InGaAsPキャップ層
- 16 光変調器用電極
- 17 半導体レーザ用電極
- 18 光変調器とレーザとを分離する溝
- 19 回折格子
- 20 SiO₂ 膜
- 21 GaAs基板
- 22 AlGaAsクラッド層
- 23 AlGaAs活性層
- 24 AlGaAs光ガイド層
- 25 GaAsコンタクト層
- 26 回折格子

- 27 無反射コーティングされたレーザ出射面
- 28 高反射率コーティングされた裏面
- 31, 101 n型GaAs基板
- 32, 102 n型AlGaAsクラッド層
- 33 GaAs/AlGaAs多重量子井戸層
- 34, 104 p型AlGaAsクラッド層
- 35, 105 n型GaAsキャップ層
- 36, 106 n側電極
- 37, 107 p側電極
- 10 38, 108 Zn拡散p型領域 (励起領域)
- 39 リッジ
- 40 SiO₂ 膜
- 41 光の出射端面
- 42 後端面
- 43 非注入領域 (非励起領域)
- 109 非注入領域 (非励起領域)
- 111 前端面
- 112 後端面

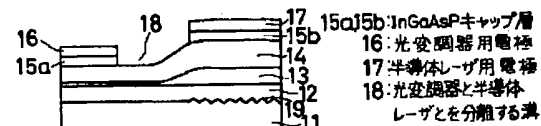
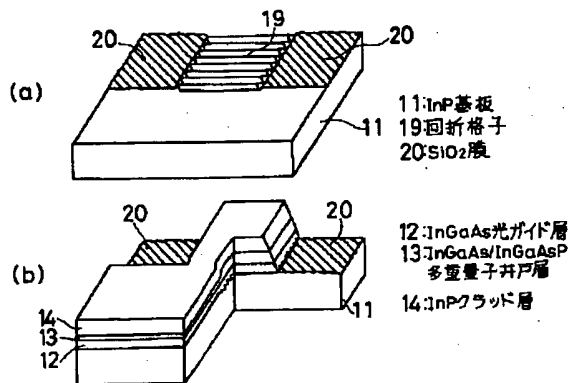
【図1】

【図2】

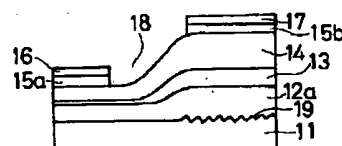


【図4】

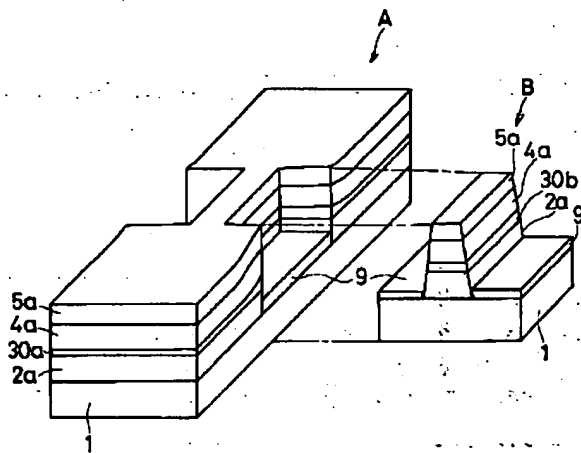
【図5】



【図6】

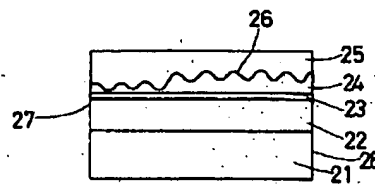


【図3】

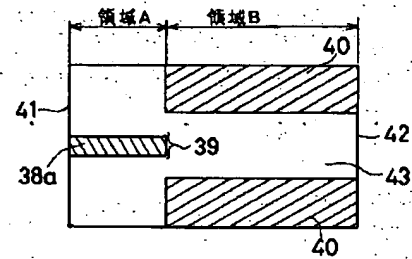


1:GaAs基板
2a,4a:AlGaAsクラッド層
5a:GaAsコンタクト層
9:SiO₂膜
30a,30b:AlGaAs活性層

【図7】

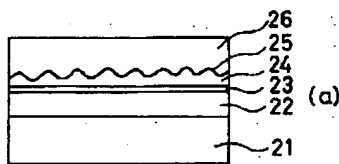


【図11】



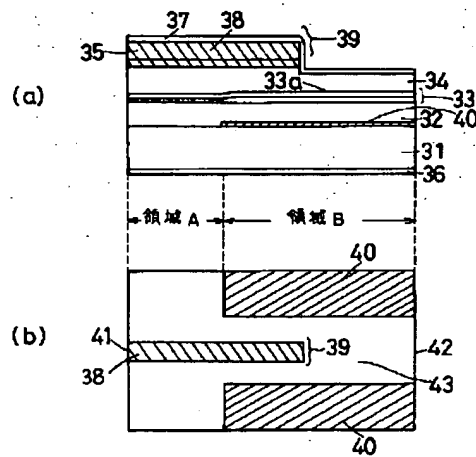
38a:Zn拡散p型領域

【図8】



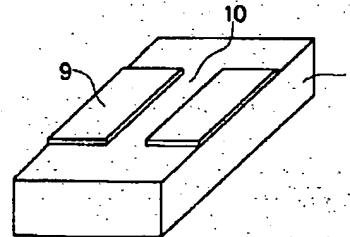
21:GaAs基板
22:AlGaAsクラッド層
23:AlGaAs活性層
24:AlGaAs光ガイド層
25:GaAsコンタクト層
26:回折格子

【図9】

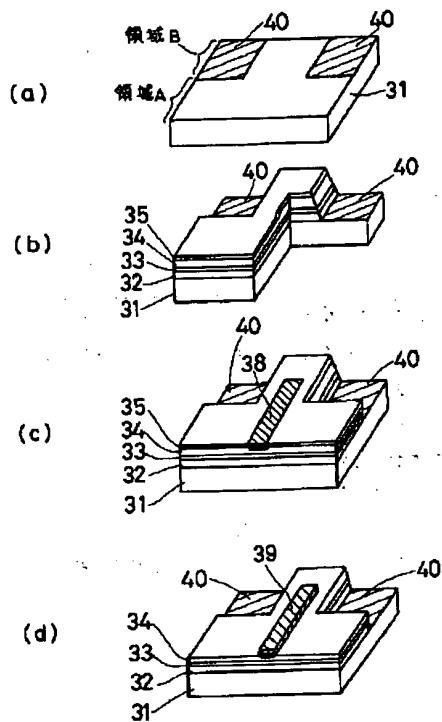


31:n型GaAs基板
32:n型AlGaAsクラッド層
33:GaAs/AlGaAs多量量子井戸活性層
34:p型AlGaAsクラッド層
35:n型GaAsキャップ層
36:n側電極
37:p側電極
38:Zn拡散p型領域(電流注入領域)
39:リッジ
40:SiO₂膜
41:光の出射端面(前端面)
42:後端面
43:非注入領域(非励起領域)

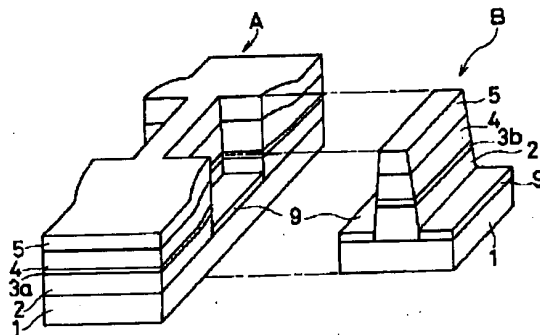
【図13】



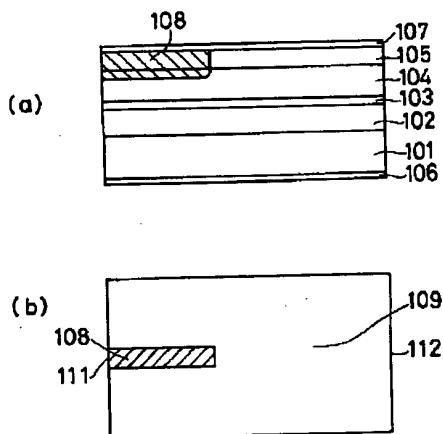
【図10】



【図12】



【図14】



【手続補正書】

【提出日】平成5年7月15日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0044

【補正方法】変更

【補正内容】

【0044】従って、このような本実施例のSLDで

は、高出力時でもレーザ発振せず、ブロードなスペクトル幅の光を発光することができる。更に、前端面41から取り出される光は、上記のように励起領域であるZn拡散P型領域38のうち領域Aの活性層33内で発生する広いバンドギャップEg1に対応した短い波長の光と、領域Bの活性層33内で発生する狭いバンドギャップEg2に対応した長い波長の光が合わさったものとなり、従

来の単一の組成の（即ち、単一のバンドギャップの）活性層の場合に比べて、波長幅が広がり、光計測等で必要になる非常に広いスペクトル幅の光を得ることができる。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正内容】

【0057】更に、この発明においては、SLDの活性層内に、バンドギャップの相対的に大きい部分と小さい部分とを共振器方向に沿って形成するようにしたので、非励起領域のバンドギャップを励起領域のバンドギャップより小さくでき、非励起領域における吸収が大きくなって、実効的な反射率を低減でき、その結果、ブロードな発光スペクトルのSLDを得ることができる効果がある。

【手続補正3】

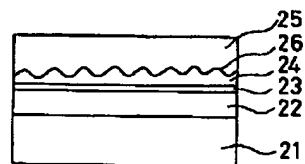
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図8】



21:GaAs基板
22:AlGaAsクラッド層
23:AlGaAs活性層
24:AlGaAs光ガイド層
25:GaAsコンタクト層
26:回折格子

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)